



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 199 20 786 A 1

51 Int. Cl. 7:  
B 01 J 19/00  
F 28 F 3/08

21 Aktenzeichen: 199 20 786.0  
22 Anmeldetag: 6. 5. 1999  
43 Offenlegungstag: 16. 11. 2000

DE 199 20 786 A 1

71 Anmelder:  
DBB Fuel Cell Engines GmbH, 73230 Kirchheim, DE

72 Erfinder:  
Brauchle, Stefan, Dipl.-Ing. (FH), 88400 Biberach, DE; Wolfsteiner, Matthias, Dipl.-Ing. (FH), 91793 Alesheim, DE; Fischer, Tobias, Dipl.-Ing. (FH), 88250 Weingarten, DE; Schmid, Wolfgang, 89129 Langenau, DE; Heil, Dietmar, Dipl.-Ing., 88477 Schwendi, DE; Boneberg, Stefan, Dipl.-Ing. (FH), 89134 Blaustein, DE; Schüßler, Martin, Dipl.-Phys., 89073 Ulm, DE; Schwab, Konrad, 89077 Ulm, DE; Müller, Daniel, 71665 Vaihingen, DE; Rauth, Alexandra, Dipl.-Ing., 73117 Wangen, DE; Motzet, Bruno, Dipl.-Ing., 73235 Weilheim, DE; Schonert, Michael, Dipl.-Ing., 70374 Stuttgart, DE

56 Entgegenhaltungen:  
DE-OS 22 11 254  
DE-OS 20 40 562  
DE-OS 16 67 036  
US 54 86 430 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung in Stapelbauweise

57 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung in Stapelbauweise, welche als Reaktor und/oder Wärmetauscher verwendbar ist, mit einer oberen und einer unteren Endplatte und dazwischen in Stapelbauweise angeordnete, Medienräume bildende Platten, zumindest zwischen einer Endplatte und der der zu einer Endplatte benachbarten Platte eine thermische Isolierung angeordnet ist und/oder daß zumindest eine Endplatte eine geringe Wärmekapazität aufweist.

DE 199 20 786 A 1

Die Erfindung betrifft einen Reaktor und/oder Wärmetauscher in Stapelbauweise gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs.

In der US-5,015,444-A1 ist ein Plattenreaktor zur Reformierung von Kohlenwasserstoffen gezeigt, welcher eine obere und eine untere Endplatte und dazwischen in Stapelbauweise angeordnete Medienräumen aufweist, welche jeweils zumindest durch wärmeleitende Platten voneinander getrennt sind. Beim Einsatz einer solchen Anordnung sind die darin ablaufenden Reaktionen an enge Betriebstemperaturbereiche gekoppelt. Besonders beim Einsatz in mobilen Anwendungen, z. B. Fahrzeugen, welche Brennstoffzellensysteme zum Antrieb aufweisen, sind Temperaturschwankungen und vor allem auch Kaltstartbedingungen bei solchen modularen Plattenaufbauten kritisch.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine solche Vorrichtung zu verbessern, insbesondere eine Vorrichtung mit guten Kaltstarteigenschaften anzugeben.

Die Aufgabe ist bei einer Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs gelöst.

Dabei ist bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung eine thermische Isolierung zwischen zumindest einer Endplatte und der zur Endplatte benachbarten Platte vorgesehen und/oder zumindest eine Endplatte weist eine geringe Wärmekapazität auf.

Dabei kann die geringe Wärmekapazität der zumindest einen Endplatte durch die Materialauswahl für die Endplatte oder durch Leichtbauweise wie z. B. Hohlräume in der Endplatte realisiert sein.

Dies hat den Vorteil, daß die zumindest eine Endplatte entweder zumindest thermisch von den Medienräumen bildenden Platten entkoppelt ist und/oder daß die zumindest eine Endplatte schneller aufwärmt, so daß sich in den Medienräumen eine gewünschte Betriebstemperatur sehr schnell einstellen kann. Bei Systemen, bei denen Bauteile mit hoher Wärmekapazität, etwa massiven Endplatten aus Stahl, verbaut werden und die zudem der mechanischen Stützung beim Einbau in eine zu betreibende Vorrichtung bedürfen, wird so der Einfluß der unvermeidbaren thermischen Ankopplung an die mechanischen Stützen verringert. Darüber hinaus ist eine Gewichtsersparnis bei der Vorrichtung erzielbar. Solche Systeme sind vorzugsweise Plattenreaktoren und/oder Wärmetauscher in Stapelanordnung in Brennstoffzellensystemen. Weitere bevorzugte Systeme weisen eine Kopplung auch zwischen einer Reaktion und einem Wärmeträgermedium zum Kühlen oder Heizen, z. B. Thermoöl, oder auch zwischen zwei Medien, z. B. einem Wärmetauscher auf.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den weiteren Ansprüchen und der Beschreibung hervor.

Die Erfindung ist im folgenden anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen

**Fig. 1** eine schematische Darstellung einer bevorzugten erfindungsgemäßen Vorrichtung und

**Fig. 2** eine schematische Darstellung einer weiteren bevorzugten erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Die erfindungsgemäße Einrichtung ist besonders vorteilhaft für den Einsatz von sogen. Koppelkomponenten, bei denen zwischen einer oberen und einer unteren Endplatte angeordnete, Medienräume bildenden Platten solche Medienräume thermisch miteinander koppeln, in denen eine exotherme Reaktion in einem Medienraum eine endotherme Reaktion im benachbarten Medienraum unterstützt. Ein bevorzugter Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung findet

sich bei Gaserzeugungssystemen für Brennstoffzellenanordnungen, z. B. als Koppelkomponenten mit einer Kopplung von Reformier und Kohlenmonoxid-Oxidationseinheit und/oder einer Kopplung von Reformier und katalytischem Brenner. Auch eine Verdampfung oder eine Erhitzung kann im weiteren Sinne als endotherme Reaktion angesehen werden. Als Koppelkomponente im Sinne der Erfindung wird daher auch eine Koppelkomponente mit einer Kopplung von Verdampfer und Kohlenmonoxid-Oxidationseinheit und/oder mit einer Kopplung von Verdampfer und katalytischem Brenner angesehen.

Weitere bevorzugte Systeme gemäß der Erfindung weisen eine Kopplung zwischen einer Reaktion in einem Medienraum und einem Wärmeträgermedium zum Kühlen oder Heizen, z. B. Thermoöl, oder auch zwischen zwei Medien, z. B. einem Wärmetauscher auf.

**Fig. 1** zeigt eine bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer bevorzugten Leichtbauweise. Eine Endplatte **1** einer Stapelanordnung weist Stege **2** und Hülsen **3** auf, welche auf einer Bodenplatte **4** angeordnet sind. **Fig. 1a** zeigt eine Draufsicht auf die Bodenplatte **4**. Im Innern der Hülsen **4** weist die Bodenplatte **4** Durchbohrungen **5** auf, welche zur Medienversorgung von Medienräumen der Plattenanordnung vorgesehen ist. Die Medienräume sind nicht dargestellt; sie entsprechen bekannten Anordnungen von derartigen Stapelanordnungen, bei denen zwischen Endplatten Medienräume bildende Platten angeordnet sind, wie etwa aus der US-5,015,444-A1.

In **Fig. 1b** ist ein seitlicher Schnitt durch die Bodenplatte **4** mit Stegen **2** und Hülsen **3** gezeigt. Zwischen den Stegen **3** sind Ausnehmungen **6** sowie zwischen den Hülsen **3** und den diese Hülsen **3** umgebenden Stegen **2** Ausnehmungen **7** im Material der Endplatte **1** vorgesehen, welche zur Aufnahme von thermisch isolierendem Material, vorzugsweise einer Keramik, vorgesehen sein können. In einer weiteren bevorzugten Ausbildung sind die Ausnehmungen **6** und/oder **7** zur Aufnahme eines gasförmigen Mediums, vorzugsweise Luft, vorgesehen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführung ist die Endplatte im Bereich der Durchbohrungen **5**, welche von den Hülsen **3** umgeben sind, ohne Ausnehmungen **7** aus Massivmaterial gebildet. Dies erhöht die Stabilität der Endplatte **1** im Bereich der Durchbohrungen **5**.

In **Fig. 1c** ist ein weiterer Schnitt durch die Endplatte **1** gezeigt, wobei eine Deckhaut **8** vorgesehen ist, welche auf den Stegen **2** und Hülsen **3** angeordnet ist. Die Endplatte **1** ist damit gegenüber den Medienräumen dicht abgeschlossen. Vorzugsweise weist die Bodenplatte **4** und/oder die Deckhaut **8** Mittel zur Entlüftung und/oder zum Druckausgleich aus, besonders bevorzugt Bohrungen, um eine übermäßige Druckbelastung der Endplatte **1** im Betrieb der Plattenanordnung, etwa als Plattenreaktor, zu vermeiden.

Die Ausnehmungen **6**, **7** führen zu einer Materialverminderung verglichen mit einer massiven Endplatte **1**, welche dadurch eine geringere Wärmekapazität als eine massive Endplatte **1** aufweist. Zusätzlich kann die Endplatte **1** aus einem Material mit geringer Wärmekapazität gebildet werden.

Die Stege **2** und/oder Hülsen **3** können auch wabenförmig ausgebildet sein. Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind zwischen Bodenplatte **4** und Deckhaut **8** Verbindungen angeordnet, die wellenförmig oder in zickzackförmig zwischen den beiden flächigen Begrenzungen Bodenplatte **4** und Deckhaut **8** hin und her laufen. Auch ist es möglich, eine kompakte Endplatte **1** aus mehreren aufeinandergestapelten, parallel zur Bodenplatte **4** verlaufenden Teilplatten zusammenzusetzen, welche ähnlich einer Art von Superisolierung

für eine thermische Entkopplung von Umgebung und Medienräumen führen.

In einer weiteren, nicht dargestellten Ausführung der Erfindung ist zwischen den Medienräume bildenden Platten und zumindest einer Endplatte **1** ein thermisch isolierendes Isolationsmaterial angeordnet, welches die zumindest eine Endplatte **1** vom thermischen Haushalt der Plattenanordnung zumindest teilweise entkoppelt. Das thermisch isolierende Material kann die Endplatte **1** ganz bedecken oder umgeben, oder auch die Endplatte **1** nur bereichsweise, z. B. zumindest bereichsweise die Kontaktfläche zu den Medienräumen bildenden Platten, abdecken.

Zusätzlich kann eine thermische Isolierung auch auf der Außenseite der Endplatte **1** vorgesehen werden, welche von den Medienräumen abgewandt ist und der Umgebung der Anordnung zugewandt und/oder mit mechanischen Stützen in Kontakt ist. Damit wird zusätzlich ein Wärmeverlust in oder ein Wärmeeintrag aus der Umgebung vermieden, welche den thermischen Haushalt der Plattenanordnung beeinflussen könnte.

Es ist auch möglich, die verschiedenen bevorzugten Ausführungen der Endplatte **1** miteinander einzeln oder zu mehreren zu kombinieren, selbstverständlich können auch beide Endplatten der Stapelanordnung derartig ausgeführt sein.

Das Material der Endplatte und die geometrischen Abmessungen von Hülse **3** und Stegen **2** können gemäß den Anforderungen der Vorrichtung bei ihrer geplanten Verwendung hinsichtlich der Stabilität, Belastbarkeit, Art der mechanischen Beanspruchung, Druckfestigkeit, Wärmekapazität etc. ausgewählt werden.

Um etwa günstige Materialien für die erfindungsgemäße Endplatte in Leichtbauweise auszuwählen, können Strukturwerkstoffe, welche im wesentlichen Zugbeanspruchung ausgesetzt sind, ausgewählt werden, welche dieselbe Streckgrenze und/oder Zugfestigkeit und/oder Bruchfestigkeit aufweisen, wobei als charakteristische Materialeigenschaft das Verhältnis von Elastizitätsmodul  $E$  zu Dichte  $\rho$  zweckmäßig ist. Damit wird das Leichtbaupotential von Leichtmetallen wie z. B. Titan oder Aluminium, mit schwereren, dafür aber festeren Metallen vergleichbar. So weisen Aluminiumlegierungen nur etwa ein Drittel des Gewichts von Stählen auf, ihr  $E$ -Modul verhält sich jedoch ganz entsprechend, so daß die Werte  $E/\rho$  bei Raumtemperatur sowohl für Stähle als auch Aluminiumlegierungen sehr ähnlich sind.

Bei anderen Arten der Belastung, wie etwa Biegebeanspruchung, sind die Verhältnisse komplizierter, so daß andere charakteristische Materialeigenschaften als  $E/\rho$  verwendet werden.

Für die erfindungsgemäße Vorrichtung günstige Leichtbauweise sind z. B. die Differentialbauweise, die Integralbauweise, die integrierende Bauweise und die Verbundbauweise.

Bei der Differentialbauweise werden Einzelteile der Endplatte punktuell verbunden, wobei z. B. Deckhaut und Rippen in klassischem Blechbau ausgeführt und durch Niete, Bolzen und/oder Punkten verbunden sind.

Bei der Integralbauweise ist die Endplatte aus einem Stück geformt, z. B. Platten oder Schalen mit herausgefrästen Stegen und Rippen zur Kräfteinleitung oder zur Biegesteifigkeitserhöhung.

Bei der integrierenden Bauweise werden Einzelelemente zu einer Einheit verbunden, z. B. die Haut mit aufgeklebten oder gelöteten Verstärkungen oder aus Blechlamellen aufgebaute Trägerprofile.

Bei der Verbundbauweise werden verschiedene Materialien nach ihren spezifischen Eigenschaften zweckvoll kombiniert, z. B. eine sogen. Sandwichplatte mit steifen Blechhäuten und Schaumstoff- oder Wabenkern mit hohem spezi-

fischen Volumen, oder durch Glasfasern, Kohle- und/oder Aramidfasern verstärkte Kunststoffe.

In Fig. 2 ist eine weitere bevorzugte Anordnung einer Koppelkomponente im Schnitt schematisch dargestellt. Eine Endplatte **1** ist mit drei Medienräumen  $M$  in Stapelbauweise verbunden. Anschlüsse für eine Medienversorgung sind nicht dargestellt. Zwischen Endplatte **1** und dem angrenzenden, ersten Medienraum ist eine thermische Isolierung  $I$  angeordnet, welche den größten Teil der Berührungsfläche zwischen Medienraum und Endplatte **1** einnimmt.

Der Medienraum weist beispielsweise eine Beschichtung **9** auf, die zu einer exothermen Reaktion eines Mediums führt. Angrenzend an den ersten Medienraum folgt ein zweiter Medienraum mit einer Schüttung **10** eines Katalysators, welcher zu einer endothermen Reaktion eines zweiten Mediums führt, welcher seitliche Begrenzungswände **11** senkrecht zur Bodenplatte der Endplatte **1** aufweist. Angrenzend an den zweiten Medienraum folgt ein dritter Medienraum, dessen Kontaktfläche zum zweiten Medienraum wiederum eine Beschichtung **9** aufweist, die zu einer exothermen Reaktion mit dem ersten Medium führt. Die endotherme Reaktion im zweiten Medienraum wird durch die exothermen Reaktionen im ersten und dritten Medienraum unterstützt. Die Isolierung  $I$  in der Endplatte führt dazu, daß die Temperatur im ersten, an die Endplatte **1** angrenzenden Medienraum sich schnell einstellt.

Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung wird das Kaltstartverhalten derartiger Koppelkomponenten sehr günstig beeinflusst. Dynamische Empfindlichkeiten derartiger Systeme können dadurch deutlich gedämpft werden. Da Isoliermaterialien im Vergleich zu üblicherweise verwendeten Endplatten aus massivem Metall geringe Dichten aufweisen, kann durch den Einsatz von Isoliermaterialien in Endplatten eine Gewichtsreduktion erzielt werden. Diese Eigenschaften sind für die Verwendung derartiger Koppelkomponenten in brennstoffzellenbetriebenen Fahrzeugen besonders günstig.

#### Patentansprüche

1. Reaktor und/oder Wärmetauscher in Stapelbauweise, mit einer oberen und einer unteren Endplatte (**1**) und dazwischen in Stapelbauweise angeordnete, Medienräume ( $M$ ) bildende Platten, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest zwischen einer Endplatte (**1**) und der zu einer Endplatte benachbarten Platte eine thermische Isolierung ( $I$ ) angeordnet ist und/oder daß zumindest eine Endplatte (**1**) eine geringe Wärmekapazität aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Endplatte (**1**) in Leichtbauweise ausgeführt ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Endplatte (**1**) Materialausnehmungen (**6**, **7**) zum Verringern der Wärmekapazität aufweist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Endplatte (**1**) Wabenstruktur aufweist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Endplatte (**1**) zumindest eine Durchbohrung (**5**) für eine Medienversorgung aufweist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Endplatte (**1**) eine Bodenfläche (**4**) aufweist, auf der Stege (**2**) und/oder Hülse (**3**) angeordnet sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß die zumindest eine Durchbohrung (5) der Bodenfläche (4) von einer Hülse (3) umgeben ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß Ausnehmungen (6, 7) zwischen Stegen (2) zur Aufnahme eines thermisch isolierenden Materials (I) vorgesehen sind. 5

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Bodenfläche (4) mit einer Deckhaut (8) versehen ist, so daß Stege (2) und/oder Hülsen (3) zwischen Bodenfläche (4) und Deckhaut (8) angeordnet sind. 10

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Bodenfläche (4) und/oder die Deckhaut (8) Mittel zur Entlüftung aufweisen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zumindest eine Endplatte (1) zumindest im Bereich der Durchbohrungen (5) aus Vollmaterial gebildet ist. 15

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

